

# Vidrios oscurecidos en los automóviles y sus efectos en la visión funcional de los conductores

ANDRÉS MARTÍN<sup>1,2</sup>, JAVIER ENRIQUE SANTILLÁN<sup>1,3</sup>, PABLO ALEJANDRO BARRIONUEVO<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Luminotecnia, Luz y Visión, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán (UNT),

<sup>2</sup> CONICET

<sup>3</sup> Laboratório de Psicofísica e Percepção, Psicobiologia. FFCLRP, Universidade de São Paulo (USP), Campus de Ribeirão Preto, Brasil.

## RESUMEN

**PROPÓSITO:** Evaluar mediante la función de sensibilidad al contraste (FSC) los efectos del oscurecimiento de los vidrios automotores sobre la visión funcional de los conductores. Se tomarán dos niveles distintos de oscurecimiento caracterizándolos por sus respectivas transmitancias.

**MÉTODOS:** Las transmitancias del vidrio y de los vidrios oscurecidos fueron medidas en un banco óptico. La FSC se obtuvo empleando redes sinusoidales con frecuencias espaciales de 1, 2, 4, 8, 12 y 24 c/gr generadas con un equipo computarizado. Participaron 14 personas jóvenes (media = 28, SD = 6 años de edad) todas con visión normal o corregida a normal.

**RESULTADOS:** Las curvas de FSC obtenidas fueron confrontadas con el rango de normalidad del equipo informatizado para personas de 20 a 49 años de edad. Se observa que mientras la FSC medida con la película de tonalidad "media" continúa dentro del área de normalidad, la curva de la tonalidad "oscura" sale fuera en las frecuencias espaciales medias y altas, indicando una pérdida relevante en la visión funcional a partir de los 4 c/gr.

**CONCLUSIONES:** Las películas tonalizadas usadas para oscurecer el interior de los autos pueden disminuir significativamente la visibilidad, pues cuando se pasa del vidrio estándar al que posee película oscura se produce una caída promedio del 59,3% en la visión funcional de los observadores. Esto llevaría a un aumento considerable del riesgo de accidentes especialmente cuando las condiciones del medio ambiente visual no son las óptimas.

**PALABRAS CLAVE:** sensibilidad al contraste, visión funcional, conducción, percepción espacial, automóvil

## Automobile tinted films and its effects on the driver functional vision

### ABSTRACT

**PURPOSE:** To evaluate with contrast sensitivity function (CSF) the effect on driver functional vision of car windows (glasses) obscured by two plastic tinted films. The tinted windows were characterized using transmittance measurements.

**METHODS:** The glass and the tinted films transmittances were measured in an optic bench. The CSF was obtained using sinusoidal gratings with spatial frequencies of 1, 2, 4, 8, 12 and 24 c/deg generated in computerized equipment. The participants were 14 young adults (mean = 28, SD = 6 years), all with normal or corrected to normal vision.

**RESULTS:** The obtained CSF curves were confronted with the equipment's normality range for people between 20 and 49 years old. Whereas the CSF measured with the 'medium' tinted film continue on the normality range, it was observed that the 'dark' curve fall off in the medium and high spatial frequencies, showing an important loss in functional vision starting from 4 c/deg.

**CONCLUSIONS:** Tinted films used to darken the automobile glasses decrease the visibility of drivers. The transition from the factory standard to the dark film condition produced a mean reduction of 59,3% in driver functional vision. This observation may lead to a considerable increase in the risk of accidents, especially when the conditions on the visual environment are not optimal.

**KEY WORDS:** contrast sensitivity, functional vision, driving, space perception, automobile

De acuerdo con las estadísticas, en Argentina los accidentes de tránsito han mantenido un aumento constante en el transcurso de los años y constituyen, según datos de la Organización Panamericana de la Salud<sup>1</sup>, la tercera causa de muerte en los hombres después de las enfermedades cardiovasculares y las oncológicas.

Dentro de ese contexto, el tema de la proliferación en el parque automotor de vidrios altamente oscurecidos viene desatando un intenso debate en torno del papel que podrían jugar los mismos en la generación de accidentes de tránsito. Este aumento se debe principalmente al abaratamiento de las películas plásticas autoadhesivas utilizadas para reducir la transparencia

Recibido: 21 agosto 2009  
Aceptado: 30 agosto 2009

Autor responsable:  
Andrés Martín  
Av. Independencia 1800  
4000 Tucumán, Argentina.  
Tel: +54 381 4361936  
amartin@herrera.unt.edu.ar

con la cual vienen de fábrica los cristales automotores, modificación conocida popularmente —a pesar de lo errado del término— como “polarizado”. Estadísticas manejadas por las aseguradoras y por ONGs preocupadas por los accidentes viales indican que aproximadamente el 40% del parque automotor argentino presenta este tipo de alteración<sup>2-3</sup>. En Argentina la legislación nacional sólo hace referencia a la transparencia y al porcentaje de luz transmitida a ambos lados del vidrio. Así, en el punto f) del artículo 30 de la Ley Nacional de Tránsito 24.449 se considera como dispositivo mínimo a los “vidrios de seguridad o elementos transparentes similares, normalizados y con el grado de tonalidad adecuados”, exigiendo una transmitancia luminosa mínima de 75% para el parabrisas y de 70% para el resto de los vidrios, cuyas coloraciones pueden ser verdes o grises con el objetivo de disminuir la incidencia del sol en el interior del vehículo.

Aunque no hay un acuerdo sobre la cifra exacta, del total de la información a partir de la cual el conductor debe basarse para tomar las decisiones al dirigir su vehículo, se estima que del 83% al 96% proviene del sistema visual<sup>4</sup>. Por eso no sorprende el hecho que, de manera similar a lo que ocurre en otros países, en todas las provincias argentinas el examen de la visión es obligatorio en el proceso para obtener la licencia de conducir. Por otro lado, llama la atención la falta de fundamentación de las normas en estudios especializados sobre los efectos que la aplicación de dichas películas oscuras tienen en la percepción del entorno desde el interior del vehículo, especialmente en condiciones que produzcan una reducción de la información disponible.

En un estudio experimental dirigido a evaluar los efectos de la transmitancia de los parabrisas en condiciones de baja iluminación, Derkum encontró que los vidrios con niveles de transmitancia inferiores al 70% pueden afectar significativamente la visión del conductor<sup>5</sup>, conclusiones similares a las que había llegado Haber en 1955 usando solamente cálculos matemáticos<sup>6</sup>. Empleando proyecciones en escala real de estímulos de diferente contraste y midiendo los tiempos para la detección de los mismos, Freedman y sus colegas llegaron a la conclusión que la capacidad para realizar maniobras en el tiempo adecuado se ve afectada cuando la transmitancia de los vidrios es reducida más allá del 53%<sup>7</sup>. Midiendo la sensibilidad al contraste, LaMotte y colaboradores encontraron una reducción importante en la visión de conductores jóvenes cuando los mismos realizaban las mediciones a través de vidrios con transmitancia del 18%<sup>8</sup>.

Muchos de los trabajos especializados citados utilizan como fundamento para sus conclusiones la medida de la función de sensibilidad al contraste (FSC), pues la misma permite una evaluación pormenorizada de la visión

funcional (i.e. habilidad del sistema visual para recibir, transmitir y analizar la información). Dicha evaluación es más completa que la elaborada a partir de la medida de la agudeza visual<sup>9</sup>. Debido a que la FSC refleja la capacidad del sistema visual humano para detectar objetos de diferentes tamaños y contrastes —especialmente objetos grandes en fondos que producen un bajo contraste— esta función permite predecir de forma adecuada cómo se comportará el sistema al enfrentarse a condiciones de gran exigencia visual, tales como la conducción nocturna<sup>10</sup>. Por este motivo en este trabajo evaluamos los efectos producidos por el oscurecimiento de los vidrios en la visión funcional a través de la FSC.

## Métodos

El protocolo para este estudio sigue los principios de la Declaración de Helsinki y los de la Asociación para la Investigación en Visión y Oftalmología (ARVO). Antes de realizar los exámenes oftalmológicos y las consecuentes mediciones psicofísicas cada uno de los sujetos debió leer y firmar un consentimiento informado.

La transmitancia del vidrio, así como de los dos tipos de película seleccionadas, fueron medidas mediante un sistema óptico compuesto por un equipo láser Melles Griot LHP-151 alineado con un fotosensor montado en una mesa óptica Melles Griot. La transmitancia fue calculada como la relación entre la medida del sensor al interponer el vidrio con las películas de diferente tonalidad y la medida del sensor desnudo.

La FSC se obtuvo mediante un equipo computarizado diseñado y construido en el Departamento de Luminotecnia, Luz y Visión de la UNT para realizar evaluaciones de funciones visuales de valor clínico<sup>11</sup>. Para medir la FSC este dispositivo evalúa las respuestas de los observadores a redes sinusoidales de frecuencias espaciales de 1, 2, 4, 8, 12 y 24 ciclos por grado (*c/gr*) presentados en un monitor CRT de 19". El equipo incorpora un proceso de calibración lo que asegura la adecuada reproducción de los estímulos. Los sujetos se situaron a 1,5 m del monitor, distancia a la que los estímulos subtienden 6.4 grados. Los vidrios y los films fueron interpuestos entre la pantalla y la línea de visión de los observadores mediante un soporte especial. A partir de las respuestas del observador el sistema calcula el contraste umbral y construye la curva de la FSC.

Se midió la FSC de 14 personas jóvenes (media = 28, SD = 6 años) en tres condiciones: “Control”, es decir, con el vidrio sin oscurecer; “Media”: vidrio con la película de transmitancia intermedia; “Oscura”: vidrio con la película de transmitancia mínima. Todos los sujetos tenían visión normal o corregida a normal, no presentaban ninguna patología ocular y realizaron la prueba monocularmente para que sus datos pudieran ser confrontados con las curvas de

normalidad del equipo. Durante las mediciones se empleó un orden aleatorio de las condiciones para evitar sesgos y no fue dada ninguna información al observador sobre su desempeño durante el test. Es importante remarcar que las mediciones fueron realizadas siempre en condiciones fotópicas de iluminación con una luminancia media en pantalla de 70 cd/m<sup>2</sup>.

## Resultados

La medición de las transmitancias arrojó los siguientes valores: 92,13% para la condición “Control”; 41,81% para la condición “Media”; y 6,90% para la “Oscura”. Para simplificar, a lo largo del trabajo utilizaremos el valor redondeado al entero más próximo, es decir, 92%, 42% y 7% respectivamente. Durante el proceso de selección de las películas plásticas pudo observarse que no siempre son brindados los valores de sus transmitancias, sobre todo en los modelos más económicos (que suelen ser los más vendidos) y que en muchos casos los valores indicados difieren de los valores medidos en el laboratorio.

Los resultados de las FSC de los catorce participantes (medidos con el ojo dominante) fueron promediados para obtener las curvas de la figura 1 que son graficadas con la desviación estándar.

Para comparar el efecto de la transmitancia en las diferentes frecuencias espaciales se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) de una vía para medidas repetidas, el cual mostró los siguientes resultados: 1 c/gr:  $F(2,39) = 2,94$ ,  $p > 0,05$ ; 2 c/gr:  $F(2,39) = 8,73$ ,  $p < 0,001$ ; 4 c/gr:  $F(2,39) = 20,91$ ,  $p < 0,001$ ; 8 c/gr:  $F(2,39) = 15,48$ ,  $p < 0,001$ ; 12 c/gr:  $F(2,39) = 14,88$ ,  $p < 0,001$ ; 24 c/gr:  $F(2,23) = 5,78$ ,  $p < 0,01$ . Para determinar la causa de las discrepancias señaladas por el ANOVA se realizó un análisis *post-hoc* utilizando el test de Dunnett con una  $p = 0,05$  y la condición “Control” como referencia. La comparación por pares indicó que para los 2 y 4 c/gr la diferencia se debe al vidrio de tonalidad “oscura”, mientras que en las de 8, 12 y 24

c/gr tanto la tonalidad “media” como “oscura” presentan diferencias significativas respecto del vidrio sin ningún tratamiento.

En la figura 2 se grafican las curvas de FSC con el error estándar de la media junto con el rango de normalidad del equipo informatizado para personas de 20 a 49 años de edad. Puede observarse que mientras la FSC medida con la película de tonalidad “media” continúa dentro del área de normalidad —si bien las frecuencias espaciales altas se encuentran prácticamente en el límite inferior—, la curva de la tonalidad “oscura” sale fuera ya en las frecuencias espaciales medias, indicando una pérdida relevante en la visión funcional a partir de los 4 c/gr.

## Discusión

Puede afirmarse que la conducción de un vehículo automotor es una tarea sumamente compleja ya que involucra una compleja interacción de procesos perceptuales, cognitivos y motores. Debido a las velocidades y masas normalmente involucradas, los errores en alguno de esos procesos pueden acarrear consecuencias drásticas. Dentro del aspecto perceptual la visión es sin duda la fuente de información más importante y todo aquello que la afecte, interna o externamente, puede incidir de forma negativa en este proceso.

Al evaluar la sensibilidad al contraste de conductores jóvenes con visión normal encontramos que las películas tonalizadas usadas para oscurecer el interior de los autos pueden disminuir significativamente la visión funcional. Confrontadas con el rango de normalidad del instrumento para ese grupo etario puede observarse que la pérdida ocasionada por la película “oscura” con 7% de transmitancia produce déficits de importancia, pues los mismos podrían compararse con pérdidas de origen patológico o refractivo. En la figura 3 se grafica la curva para la condición “oscura” junto con las curvas de FSC de dos de los observadores emétopes medidas con el vidrio de la condición “normal”

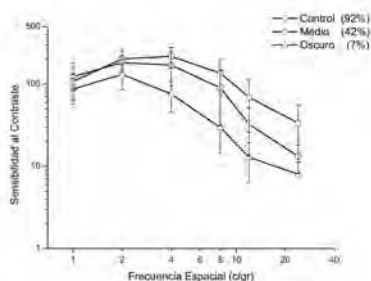


Figura 1. Curvas de FSC para los tres niveles de transmitancia considerados. Las barras verticales representan una desviación estándar.

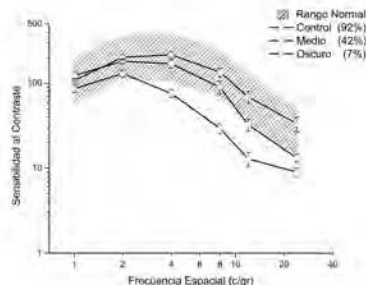


Figura 2. Curvas de FSC para los tres niveles de transmitancia considerados vs. rango de normalidad para personas de 20 a 49 años de edad. Las barras verticales representan el error estándar de la media (SEM).

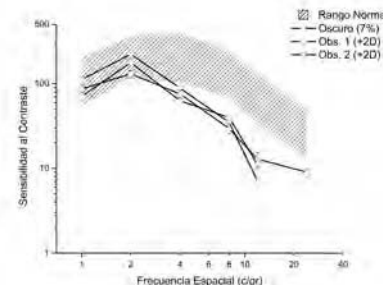


Figura 3. Curva de FSC para la condición “oscura” vs. FSC de dos observadores emétopes medidos con el vidrio en la condición “normal” pero usando un desenfoque de +2D. El área rayada representa el rango de normalidad para personas de 20 a 49 años de edad.

pero usando un lente de +2D. Este ejemplo dejaría en evidencia la similitud entre la pérdida de visión producida por el desenfoque y la ocasionada por el oscurecimiento con ese tipo de películas.

Freedman, Zador y Staplin encontraron que al pasar de vidrios con una transmitancia del 70% a otro con 25% la probabilidad de detección de un objeto con contraste del 0,5 cae en un 40 por ciento<sup>7</sup>. En nuestro caso, al pasar del vidrio de 92% al de 7% de transmitancia, encontramos que se produce una caída promedio del 59,3% en la visión funcional de los observadores. Por otro lado, el comportamiento de las curvas se muestra similar a las presentadas por LaMotte y colaboradores, quienes usaron en sus mediciones películas con transmitancias de 37% y 18 por ciento<sup>8</sup>.

Si bien la visión funcional fue evaluada en condiciones diurnas, los resultados aquí obtenidos llevan a suponer que en condiciones climáticas adversas, tales como lluvia o neblina, o de baja iluminación<sup>12</sup>, como ocurre a la noche, el desempeño de los conductores pueda verse aún más afectado por la aplicación de dichas películas. La gran diferencia con los niveles de iluminación presentes durante el día, así como lo complicado de las condiciones nocturnas, hace que la probabilidad de accidentes sea de tres a cuatro veces mayor<sup>13</sup>, lo que ha llevado a que en algunos países se sugiera un control oftalmológico que simule dichas condiciones. A la noche los objetos situados a los costados del auto presentan un contraste relativamente bajo, pues al situarse lejos de los faros delanteros, se encuentran poco iluminados. En esas circunstancias, al disminuir la transmitancia de los cristales laterales y posterior se afectaría la capacidad de detección de los objetos situados a los lados y en la parte posterior del vehículo, produciendo una reducción del campo visual efectivo, que es uno de los factores más importantes para conseguir un correcto desempeño al conducir, incluso tratándose de jóvenes con buena visión<sup>14</sup>.

Queda en evidencia que los vidrios oscurecidos más allá de los valores establecidos por las normas afectan negativamente a la visión funcional, produciendo en algunos casos limitaciones cuyas consecuencias pueden ser consideradas como similares o peores que algunas de origen refractivo o clínico, las cuales seguramente no pasarían un control oftalmológico para licencia de conducir. Es fundamental entonces insistir no sólo en el chequeo oftalmológico de los conductores sino también en el control adecuado de los vidrios de los vehículos, pues estos son una parte crítica en el sistema hombre-máquina. De los datos presentados se deduce que el efecto del oscurecimiento de los vidrios laterales y trasero puede llevar a un aumento considerable del riesgo de accidentes, especialmente cuando las condiciones del medio ambiente visual no sean las óptimas.

## Referencias

1. Organización Panamericana de la Salud. *Salud en las Américas 2007*. Washington: OPS, 2007.
2. De Jorge H. *Vidrios polarizados: no lo vistas de luto* [en línea]. Buenos Aires: Centro de Experimentación y Seguridad Vial, 2008. Disponible en: <http://www.cesvi.com.ar>
3. Luchemos por la Vida (ONG). *Vidrios polarizados* [en línea]. Buenos Aires: Luchemos por la Vida, 2004. Disponible en: <http://www.luchemos.org.ar>
4. Sivak M. The information that drivers use: is it indeed 90% visual? *Perception* 1996; 25: 1081-89.
5. Derkum H. Effects of various transmission levels in windshields on perception. En: Gale AG, Brown ID, Haslegrave CM, Moorehead I, Taylor S (eds.). *Vision in vehicles*. Amsterdam: Elsevier, 1993. p.63-68.
6. Haber H. Safety hazard of tinted automobile windshields at night. *J Opt Soc Am* 1955; 45: 413-19.
7. Freedman M, Zador P, Staplin L. Effects of reduced transmittance film on automobile rear window visibility. *Hum Factors* 1993; 35: 535-50.
8. LaMotte J, Ridder W, Yeung K, De Land P. Effect of aftermarket automobile window tinting films on driver vision. *Hum Factors* 2000; 42: 327-36.
9. Ginsburg AP. Contrast sensitivity and functional vision. *Int Ophthalmol Clin* 2003; 43: 5-15.
10. Wood JM, Owens DA. Standard measures of visual acuity do not predict drivers' recognition performance under day or night conditions. *Optom Vis Sci* 2005; 82: 698-705.
11. Colombo EM, Issolio LA, Santillán JE, Aguirre RC. What characteristics a clinical CSF system has to have? *Optica Applicata* 2009; 39(2) [en prensa].
12. Barrionuevo PA, Santillán, JE, Martín, A. Efecto de la tonalización de los vidrios de automóviles sobre la visión en condiciones de iluminación reducida. En: *Memorias del IX Congreso Panamericano de Iluminación LUXAMÉRICA 2008*.
13. Anderson SJ, Holliday IE. Night driving: effects of glare from vehicle headlights on motion perception. *Ophthalmic Physiol Opt* 1995; 15: 545-51.
14. Brooks JO, Tyrrell RA, Frank TA. The effects of severe visual challenges on steering performance in visually healthy young drivers. *Optom Vis Sci* 2005; 82: 689-97.